

川中地区三叠系中、下统地震相与沉积相研究

田端孝

(西南石油地质局)

[内容摘要] 应用碎屑岩地震相研究的理论和方法,对川中地区三叠系中、下统碳酸盐岩地震相进行了研究。地震相与沉积相结合,通过地震剖面提供的各种参数解释环境背景和岩相条件;根据地震剖面上所通过的钻井岩相划分,使地震相、沉积相、钻井岩相分析融为一体,并在沉积和岩相研究方法上探索新的途径。

关键词 地震相 上超终止 顶超终止 削蚀终止 粒屑滩 膏盐盆

1 川中地区三叠系中、下统沉积层序划分

沉积层序是由整一、连续的、在成因上相互联系的地层组成,其顶和底可以是不整合面或可相互对比的整合面为界。根据层序地层学原理,川中地区三叠系中、下统划分为以下层序(表1)。

表1 川中三叠系中、下统层序划分表

Table 1 Division of the Middle and Lower Triassic strata in central Sichuan

地 层 系 统			区域运动界面	波组名称	超地震层序	地震层序	地震反射终止特征
系	统	组(代号)					
三 叠 系	上统	须河家组 (T _{3x})	—假整合—	T ₀	I		底部向川中上超终止
	中统	雷坡口组 (T _{2l})		T ₁		I _a	顶部具削蚀终止, 内部具丘状透镜 状反射
	下统	嘉陵江组 (T _{1j})		T ₂		I _b	
		飞仙关组 (T _{1f})		T ₃		I _c	

1.1 I_E层序反射特征

① 本文收稿日期:1992年10月20日。

② 此文系“七五”地矿部攻关课题,“川中地区沉积相与地层岩性圈闭条件研究的子课题”。

以 T_6 波组为顶界, T_7 波组为底界, 对应于雷口坡组, 由 2—3 个具有一定连续性、强和弱振幅的同相轴组成。层序内部为平行反射, 透镜状、楔状外部形态。

1.2 I_D 层序反射特征

以 T_7 波组为顶界, T_8 波组为底界, 对应于嘉陵江组, 由 2—3 个具有一定连续性的强、弱相间的同相轴组成, 在一定范围内能连续追踪。层序内具透镜状外形, 平行及斜交前积结构。川中北部, 波组逐渐变成杂乱状或波状以及不稳定的反射特征。

1.3 I_C 层序反射特征

以 T_8 波组为顶界, T_9 波组为底界, 对应于飞仙关组。由 4—6 个不连续弱振幅同相轴组成, 波形不稳定, 西部及西北部具顶超终止构成长条状透镜外形, 其余为近平行反射, 反射波在区域上有所变化。

2 反射波组地质属性的确定

连续的地震反射波代表了地层层面或不整合面, 因此, 其具有时代意义。

据川中地区在不同构造部位所钻深井及人工合成地震记录、声波测井等实际资料, 在通过钻井的地震剖面上, 经过时深转换, 其计算深度与实际钻井分层深度相近, 如女基井雷口坡组顶钻井深度为 2271.0m, 计算深度为 2256.8m; 嘉陵江组顶钻井深度为 2722.0m, 计算深度为 2719.9m。其它井也具上述特点, 这表明在过井的时间剖面上读取的时间以及地震测井提取的速度所计算的反射波深度与实钻地层分层深度吻合较好, 据此, 确定了地震反射波的地质属性。

3 地震相与沉积相分析

地震相分析是根据地震资料提供的各种参数解释环境背景和岩相条件。具体方法是根据地震波组反射的连续性、振幅的强弱、波组的几何形态以及反射波组与顶、底层序接触关系和反射波的内部结构等参数, 综合划出一定的地震相单元, 再根据地震剖面所通过的钻井岩相划分, 这就使得地震相与沉积相通过钻井而联系在一起。

3.1 飞仙关期(图 1,2)

3.1.1 区域构造及古地理轮廓

晚二叠世末, 川中周边及邻区继续隆起, 西侧康滇古陆在玄武岩喷溢之后, 继续隆起成陆; 西北侧龙门山—九顶山一带呈岛链状, 限制了扬子海西部海域与川西槽海的沟通, 不时提供了陆源沉积物; 北部汉南一带则以水下隆起影响了东北边缘的沉积并限制了东北端的边界。在区域构造上, 川中一带处于稳定上隆状态, 表现了台地沉积特点。在古陆、岛链的前缘形成补偿沉积凹地, 大致在华蓥山及其以东为飞仙关砂泥岩相区与大冶碳酸盐岩相过渡地带。

在上述古地理和古构造条件控制下, 构成了飞仙关期沉积时古地势西高东低, 沉积厚度西薄东厚以及西浅东深的水域。

3.1.2 地震相与沉积相分析

根据 I_C 层序超覆、尖灭特征所控制的外部形态组成的二个相互联结的“舌状”外形所展布的地震相大区界线, 大致代表了斜坡地震相与盆地底形地震相单元边界, 其主要特征是:

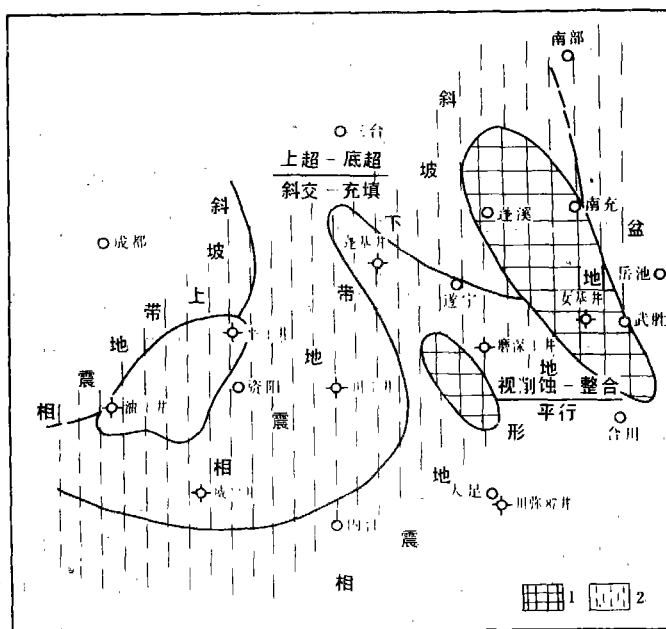


图1 飞仙关组地震相图

1. 强振幅; 2. 弱振幅

Fig. 1 Seismic facies map of the Feixianguan Formation

1=strong amplitude; 2=weak amplitude

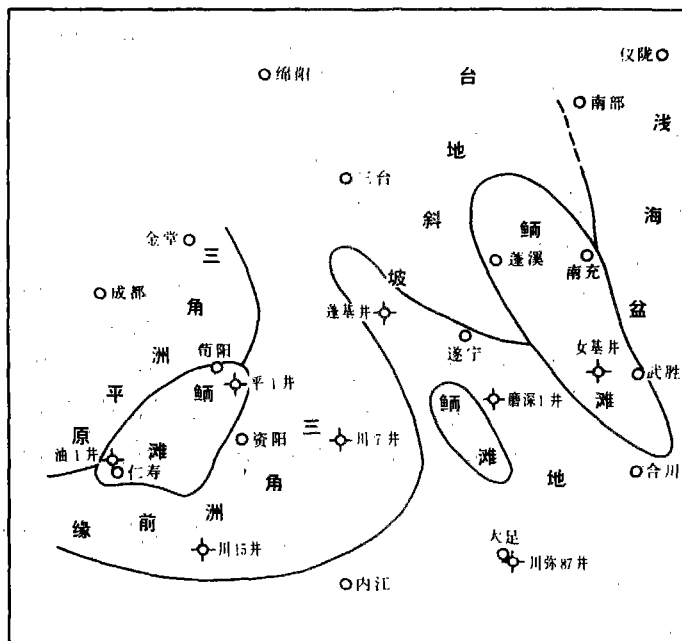


图2 飞仙关期沉积相图

Fig. 2 Sedimentary facies map in the Feixianguanian stage

(1) I_c 由 3—4 个同相轴组成,与上覆和下伏层均为整合接触,层序除近顶部相当飞仙关组上部碳酸盐岩层段同相轴为强振幅、高连续外,其余均以不连续弱振幅为特征,显示了飞仙关组早期时沉积为单一的泥质岩,中、晚时随海侵扩大,发育了碳酸盐岩。

地震波组沿仁寿、简阳、三台、盐亭一线为界,西北侧普遍分布岩性单一的细—粉砂、含砂质泥岩及分布局限的碳酸盐岩,代表了河流至三角洲平原或滨岸潮坪环境;而东南侧以泥质岩为主夹碳酸盐岩,陆源砂及粉砂少见,属三角洲前缘—台地斜坡环境沉积(以川 5 井、威 15 井为代表)。

(2) 层序内各终止反射

层序内各上超终止反射的连线,大致显示了本区斜坡上带与下带以及斜坡与盆地底形等地震相单元分区界线。大致沿广汉、金堂、中江、三台一带,由北西至南东存在一系列顶超终止反射,在横剖面上呈一相互叠置的“下凸上平”的似丘状或长条形透镜状、以弱—变振幅为特征,代表斜坡或斜坡边缘充填型细—粉砂及泥质物沉积。从已知峨眉一带飞仙关组属河流相沉积的含砾细—中砂岩、含泥质砂岩组合,由川西峨眉至川中的上述地区,必然有由河流经三角洲平原而进入海相的相序结构。上述反射特征、几何外形都表明这种充填沉积的碎屑物为近滨岸环境特征,而在上述地区东南侧,则渐为潮坪,潮下环境所代替,岩石组合则由女基井为代表的泥岩、含灰质泥岩,以含丰富的瓣鳃、腹足类的潮下环境。

蓬溪至盐亭一带,存在一侧向北西方向上超,另一侧往南东方向下超的终止反射,为长条形透镜状,属前积型泥质沉积,为斜坡带较典型的反射结构,代表了潮下斜坡环境并预示碳酸盐岩渐次增多的沉积类型。

层序上部以平行较连续强—变振幅为主,在女基井至关基井联结的地震剖面上更为突出,显示了飞仙关组上部层位沉积厚度、岩性等分布稳定的石灰岩及粒屑灰岩以及局部为泥质岩的组合,属潮下环境及台盆和浅滩相沉积。

(3) 层序有二种外部几何形态

一为北西向敞开、南东向收敛的“楔状”外形;另一为不连续的波状外形。这些几何形态显示了边缘斜坡沉积特征。层序内部由下部亚平行至上部平行的反射结构,反映了反射层呈水平延伸或微有倾斜,同时也显示这套岩石组合形成于潮下环境的斜坡及其边缘。

据区内地震剖面所显示的振幅变化,在高连续强振幅中出现了不连续的变或弱振幅,大致在梓潼县关基井及三台县川苏 97 井一带,正好出现了振幅变化,显示了在上述地区及其以北,有一套分布局限的习称“汪家坝灰岩”,代表了飞仙关组第一段在区域上的相变。

依据层序的物理参数并可划分出次一级地震相单元。

i) 斜坡上带地震相

呈一向南东伸出的似舌状展布,其相单元的主要特征以上超、下超终止为代表层序上、下部接触形式,斜交-充填内部结构,不连续弱振幅等参数。

仁寿油 1 井位于该相区一侧,飞仙关组厚约 340m,除该组第一段为厚度不大的灰岩、鲕粒灰岩夹泥质岩外,其余层位均由泥质岩夹细至粉砂岩。川西飞仙关具斜层理、交错层理等河流相特征;川中地区相继发现了海相双壳类生物,反映了仁寿、资中等地已由河流相至三角洲前缘或滨岸环境。

ii) 斜坡下带地震相

相单元分布于上斜坡地震相以东及南部,其地震响应与斜坡上带地震相极为近似,唯不

同者是砂、粉砂含量减少,泥质物显著增加,夹碳酸盐岩,纵向上呈不等厚层状,这种相单元为三角洲前缘—台地斜坡或潮下坪台至斜坡沉积特征。

iii)盆地底形地震相

相带分布于斜坡下带地震相外侧及其以南地区,对应于这种地震响应的沉积类型以女基井为代表岩类及其沉积组合,几乎不含陆源砂及粉砂。岩石在纵向上除飞一段、飞三段几乎全为微晶灰岩外,其余层位亦夹有灰岩及含泥质灰岩。生物较丰富,以双壳类瓣鳃为主,及腹足、腕足等组合。

上述沉积特征表明盆地底形地震相所显示的沉积环境为潮下台盆至斜坡及鲕粒滩,并预示了在盆地边缘沉积区即为大冶相碳酸盐沉积。

3.2 嘉陵江期(图3、4)

3.2.1 区域构造及古地理轮廓

嘉陵江期继承了飞仙关期古地理轮廓,仍保持了西高东低的古地势及西浅东深的水域特征。周边的古陆、岛、海隆等在早期仍在缓慢抬升,其前缘有陆源碎屑物沉积,但与飞仙关期相比,陆源碎屑含量明显地减少,分布范围进一步缩小。泸州—开江古陆的形成,不仅对以南充为中心的膏、盐盆地的形成起着良好的屏障作用,同时也控制了浅水粒屑滩的形成和分布。

3.2.2 地震相与沉积相分析

由 T_2^1 — T_1^1 反射波组构成的 I_0 层序代表了川中地区三叠系下统嘉陵江组。

根据 I_0 层序超、尖特征所控制的外部形态,圈定了不规则状大区界线。这一界线大致代表了碳酸盐局限台地沉积边界,其主要特征是:

(1) I_0 层序由 4—6 个同相轴组成,与上覆、下伏层位为整合接触。其顶、底界线表示了上、下有所差异的一组岩石类型。

层序中、下部对应于三叠系下统嘉陵江组第二、三段,有 1—2 个同相轴为高连续强振幅外,其余为不连续变—弱振幅组成,这种变化与组成波组内不同岩石的速度、密度相关。

(2) 层序内各种终止反射特征

于广汉、中江、三台、遂宁一带,若干个上超终止反射点的连线,大致反映了沉积期斜坡地震相单元的边界,层序下部存在一侧下超另一侧顶超的前积反射结构,代表了斜坡沉积环境。蓬溪及其附近存在两侧下超终止,形如透镜状,显示了碳酸盐台地上层序内部充填结构。盐亭、三台、南充、武胜一带,于层序上部存有一系列大小不等、相互叠置的向上终止反射及下变上弱的振幅特征,形如透镜状。这种地震响应是嘉陵江组沉积晚期,在强烈的蒸发作用下,在碳酸盐坪台上的低凹地区形成的膏、盐盆地。

I_0 层序有两种外部几何形态:一为由北西至南东渐次收敛的“楔状”外形;二是波状外形。这两种几何形态表现了在较稳定的斜坡及局限的碳酸盐台上的灰岩、云岩、石膏及盐岩以及它们相互交替的岩石组合。

层序内部反射结构为平行至亚平行反射,显示了组成 I_0 层序的一套岩石组合,沿水平方向延展及分布稳定的碳酸盐台地及其边缘环境的沉积。

在上述地震相大区界线内,根据物理参数及其变化,并可划分出次一级地震相单元。

1) 斜坡充填地震相

以顶超、下超代表层序上、下部接触形式,亚平行、充填为相单元内部反射结构的主要特

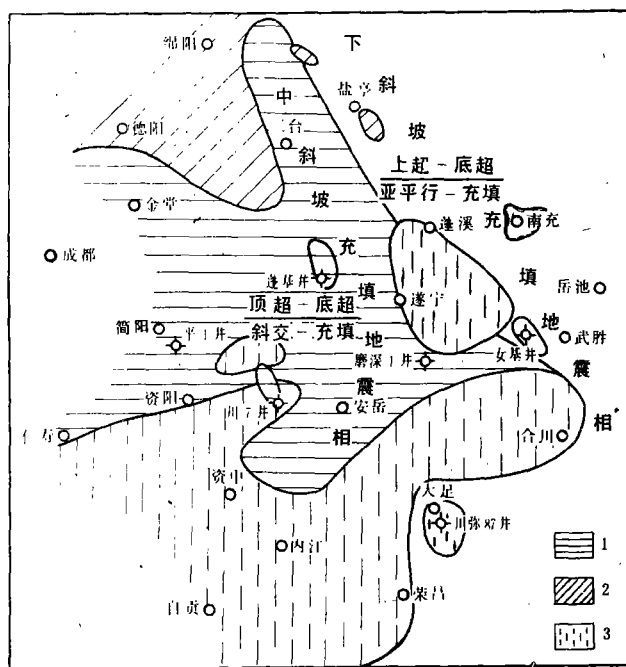


图 3 嘉陵江组地震相图

1. 强振幅; 2. 变振幅; 3. 弱振幅

Fig. 3 Seismic facies map of the Jialingjiang Formation

1=strong amplitude; 2=varied amplitude; 3=weak amplitude

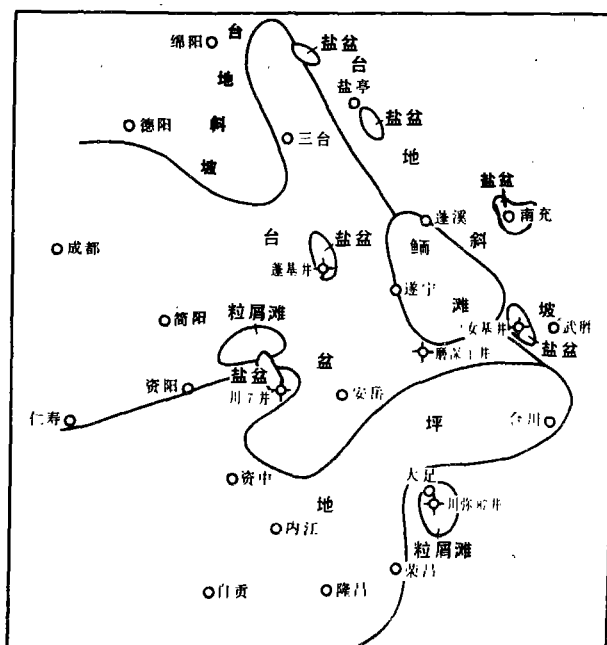


图 4 嘉陵江沉积相图

Fig. 4 Sedimentary facies map in the Jialingjiangian stage

征,以及连续强振幅的物理参数。磨深1井代表了该相区一套岩石组合,嘉陵江组第一及三段以灰岩为主夹砂屑灰岩;第二、四及五段为白云岩、砂屑云岩、石膏及盐岩组成。表明本期沉积时处于潮间至潮下环境,晚期则处于水体更浅的潮上一潮间环境以及它们相互交替的复杂环境。在纵向上组成了二套由海侵至海退的岩石组合。

2)中斜坡充填地震相

与前述相区的差异在于物理参数不同,以不连续弱振幅为特征。以大足川弥87井为代表的岩石类型,除嘉一至嘉三段与磨深1井相应层位和相同岩石组合外,嘉四、嘉五段不含盐岩层,石膏层厚度减薄。至威远一带,嘉一至嘉二段为泥质岩与碳酸盐交互组合,此已属“铜街子”相沉积特征。代表了相区以较单一碳酸盐岩为主的局限浅海碳酸盐台地上近边缘环境的岩石组合。

3)下斜坡充填地震相

以上超、下超代表了层序上、下部接触形式,亚平行、充填为层序内部的反射特征,较连续变振幅至下变上弱的振幅显示了该相区的特点。

女基井钻遇的嘉一及嘉三段为微晶灰岩、骨屑灰岩,含较多生物;而嘉二及嘉四、五段由云岩、石膏、盐岩组成,属潮间坪台至潮上云坪、膏坪、盐盆环境的沉积组合。在波组近顶部具有若干个顶超终止的小透镜体,这种几何形态,表明以女基井为中心所形成的膏、盐盆地的地震响应。

上述地震反射,反映了本区位于局限浅海碳酸盐台地上的台盆及其边缘,以碳酸盐岩为主夹有蒸发岩,属潮下一潮间一潮上环境的沉积以及它们相互叠置的交替环境沉积。

在上述相区内,根据 I_E 层序内部反射结构几何形状、振幅及其变化等显示,又进一步划分和圈定了盐盆和粒屑滩。盐盆分布在梓潼、盐亭、乐至、遂宁及女基井附近,形成于嘉陵江晚期,是碳酸盐台地上地势相对低凹的潮间一潮上浅水区,在强烈的蒸发作用下逐渐浓缩成盐盆。粒屑滩分布于蓬溪、遂宁、磨溪一带及大足、乐至等地。据磨溪、大足钻探证实,浅滩相是有利的沉积相带,经测试获工业性气流。浅滩相在时间剖面上,多以弱振幅为主,并延伸一定范围。

3.3 雷口坡期(图5.6)

3.3.1 区域构造及古地理轮廓

中三叠世雷口坡期的海域,由于周边古陆缓慢抬升,较早三叠世时略为缩小。此时,东南侧的雪峰古陆急剧抬升,给川东、鄂西一带提供了充足的陆源碎屑物,致使地势东高西低,水域东浅西深,三面为陆、隆所环境,向南敞开,形成与飞仙关期恰好相反的古地理景观。泸州-开江隆起把海域分隔成东、西两侧不同的古地理单元和沉积相区,导致雷口坡组相区内石膏、盐岩的形成。

3.3.2 地震相与沉积相分析

由 T_6-T_7 波组构成的 I_E 层序代表了川中地区三叠系中统雷口坡组的反射。

根据 I_E 层序超、尖特征所控制的外部形态,其主要特征是:

(1) I_E 由2—3个同相轴组成,层序顶界 T_6 反射波,代表了印支运动所形成的界面,具有区域意义。底界为区域标志层“绿豆岩”,它分隔了中三叠统与下统间不同的岩石组合并以时强时弱的振幅为特征。雷口坡组在纵向上构成的振幅特征为下变上强为主,局部为下强上变。这种地震响应反映了雷口坡组下部层位为白云岩、泥质云岩及薄层石膏组合;上部为灰

岩及厚层盐岩组合。横向上大致以三台、遂宁、乐至一线为界,西侧为不连续—连续同相轴组成;东侧同相轴为下变上强组成,这与岩性、岩相条件在横向上的变化有关。

(2) 层序内各种终止反射特征

大致在三台、中江、遂宁一线,层序内各上超点联线是中部席状披盖地震相单元边界;金堂、盐亭、简阳、三台及南充一带构成以顶超、下超终止反射为特征的长条形透镜状,这种响应反映了碳酸盐台地上充填型反射,为云岩或泥质云岩堆积;在三台、蓬溪一带,层序上部形成多个顶超终止,下凸上平透镜状反射并由若干小透镜状叠合成,这种响应为上部层位形成的膏、盐盆,分布于安岳、大足、乐至、简阳及其附近。层序顶部有一系列终止反射,且有由北西至南东被剥截的层位逐层抬高,表明中三叠世末印支运动使雷口坡组遭到剥蚀的结果。

(3) I₂层序外部几可形态以“楔状”为主,反映了较稳定分布均一的局限浅海台地上灰岩、云岩、石膏、盐岩的组合类型。层序内部反射结构为下部亚平行、上部为平行反射,表明组成的碳酸盐岩层在区内具水平方向延伸。

在前述地震相大区界线内,据层序物理参数及其变化,划分出次级相单元:

1) 中部楔状地震相

由顶超、上超代表层序上、下部接触形式;亚平行内部反射结构、较连续至不连续变一弱振幅的物理参数为特征。

这种地震响应以关基井为代表,几乎全为白云岩及薄层石膏组成。据关基井西侧江油等地钻井及地表剖面证实,白云岩是蓝绿藻与碳酸盐岩粘结而成,其相单元应属局限浅海台地潮间至潮上环境云坪、膏坪等沉积特征。

2) 上部楔状地震相

位于前述相区界线以南,削蚀、整合代表层序上部、下部接触形式,亚平行-充填内部反射结构。根据振幅、连续性变化又进一步划分为较连续变振幅相及高连续强振幅相,前者位于中部席状披盖地震相单元之南侧,蓬莱镇构造 21 井揭示雷口坡组厚约 701m,较前述相区有减薄之势,岩性变为灰岩、云岩、石膏并有厚约几米盐岩,为台盆环境下碳酸盐与蒸发盐沉积。其地震响应为顶超终止的透镜状外形和不连续弱振幅为特征;后者由女基井揭示本组仅保存有雷三段及其以下层位约 450m,以云质岩类为主和石灰岩组合,其振幅变化在一定范围内是相对稳定的。

由强至变振幅交替变化区大致在资阳、安岳、潼南一带存在一弱振幅反射,为各种粒屑结构的碳酸盐岩,组成雷口坡期有利储集相带,如磨溪构造在其相应层位已获工业气流。

地震相在平面展布上有由北西至南东方向上由中部楔状—上部楔状相单元变迁,这种变化与沉积环境由潮间—潮上坪地至潮下、潮间台盆及潮上膏、盐盆地和台盆地边缘及斜坡的变迁相一致。

4 结 语

川中地区三叠系中、下统是四川盆地主要产气层位,它们多属斜坡地震相单元。根据各种地震相标志判别,前述层位为局限浅海碳酸盐台地沉积,具有潮汐作用又有蒸发作用并存的岩石组合类型,在频繁的海侵、海退作用下构成在纵向上的多个生、储、盖组合。研究这些不同的组合形成环境以及有利的生、储相带,寻找与地层岩性相关的圈闭及类型,对开拓川中地区寻找油气的领域具有重要的实际意义。

参考文献

C. E. 佩顿编, 1980, 6“地震地层学”, 石油工业出版社。

J. M. Fontaine, 1987, “碳酸盐岩沉积环境的地震解释”。

李正文、赵志超, 1983, “地震勘探资料解释”, 地质出版社。

SEISMIC FACIES AND SEDIMENTARY FACIES OF THE MIDDLE AND LOWER TRIASSIC STRATA IN CENTRAL SICHUAN

Tian Duanxiao

(Southwest China Bureau of Petroleum Geology)

ABSTRACT

The seismic facies of the Middle and Lower Triassic carbonate rocks in central Sichuan are discussed with the aid of the theory and method of the seismic facies analysis of the clastic rocks, and the environmental background and sedimentary facies conditions are explained in terms of different parameters from the seismic profiles in combination with sedimentary facies analysis. The classification of the lithofacies of the boreholes through the seismic profiles results in the integration of the seismic facies, sedimentary facies and lithofacies analysis and new approach to study sedimentary facies and lithofacies.

Key words : seismic facies, onlap termination, toplap termination, truncation termination, grain shoal, gypsum and halite basin